

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАТОЧКЕ ИНСТРУМЕНТА АБРАЗИВНЫМ КРУГОМ С ПРЕРЫВИСТОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

In work the analysis of the thermal processes proceeding during sharpening of the tool is lead. The opportunity of downturn of temperature in a zone of grinding is analysed as a result of use of abrasive circles with a faltering working surface. The basic characteristics of faltering circles influencing a temperature mode of processing are considered. Recommendations at a choice for maximum effective downturn of temperature are produced.

Заточка является важным этапом подготовки эффективного с точки зрения последующей эксплуатации инструмента.

При этом температурный режим процесса заточки оказывает значительное влияние на структуру материала, из которого изготовлен данный инструмент. Ограничение температуры при заточке позволяет избежать негативных изменений в структуре материала и, как следствие, продлить время работы такого инструмента.

Использование прерывистого шлифовального круга при заточке позволяет оказывать весьма существенное влияние на ее температурный режим.

При шлифовании абразивным кругом с прерывистой рабочей поверхностью можно выделить два этапа. Первый – нагревание происходит при контакте выступающих зерен абразивного круга и инструмента. Второй этап – охлаждение за счет отвода тепла из зоны шлифования обдувом воздуха и в тело затачиваемого инструмента. Далее эти два этапа циклически повторяются.

Если рассматривать процесс заточки инструмента с точки зрения ограничения температуры, наибольший интерес представляет случай, когда длительность процесса шлифования режущими зернами кругов с прерывистой поверхностью будет менее времени выхода температуры на установившееся наибольшее значение. В этом случае максимальная температура в зоне нагрева может быть ограничена.

Для сталей У8А, Х12М, 12ХН4А и др. время теплового насыщения, при котором температура, достигнув максимума, устанавливается и не подвергается дальнейшему изменению, составляет примерно $\tau_{уст} = 0,01 \div 0,03$ с [1].

При этом характер нарастания температуры имеет экспоненциальный вид (рис. 1, кри-

вая 1) [2], и в общем случае зависимость изменения температуры во времени описывается дифференциальным уравнением:

$$\tau_{нагр} \frac{dT(\tau)}{d\tau} + T(\tau) = T_{max}, \quad (1)$$

где $\tau_{нагр}$ – постоянная времени нагрева, с; T – текущая температура, °С; τ – время с момента начала нагрева, с; T_{max} – максимальная температура, °С.

Величину $\tau_{нагр}$ можно приблизительно определить по формуле

$$\tau_{нагр} = \frac{\tau_{уст}}{3 \div 4}. \quad (2)$$

Процесс изменения температуры при остывании описывается дифференциальным уравнением

$$\tau_{охл} \frac{dT(\tau)}{d\tau} + T(\tau) = 0, \quad (3)$$

где $\tau_{охл}$ – постоянная времени охлаждения, с; τ – время с момента начала охлаждения, с.

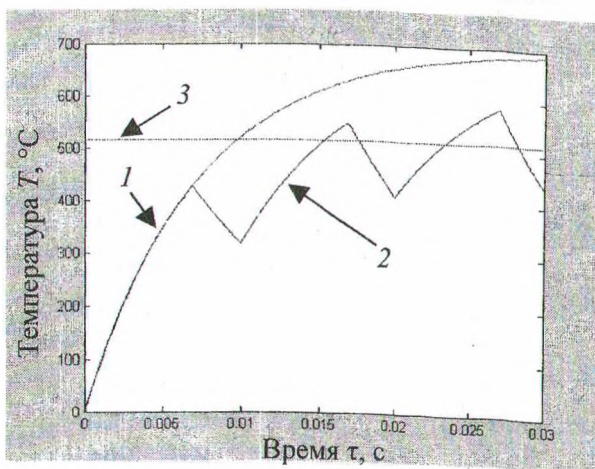


Рис. 1. Графики изменения температуры абразивной обработки стали Х12М шлифовальным кругом 24А16СМ16К8:

Затем опять происходит этап нагревания, далее – охлаждения и т. д. по циклу [3].

При этом для каждого этапа начальные условия для решения дифференциальных уравнений (1) и (3) будут одновременно финальными значениями температуры для предыдущих этапов, т. е. последняя температура этапа нагрева будет являться начальным условием для этапа охлаждения, последняя температура этапа охлаждения будет являться начальным условием для следующего этапа нагрева. Для самого первого этапа нагрева начальная температура равна температуре инструмента до начала заточки.

Таким образом, итоговая функция изменения температуры будет иметь вид кривой 2 на рис 1.

Анализируя график 2 на рис. 1, можно сделать вывод, что температуру при заточке инструмента абразивным кругом с прерывистой рабочей поверхностью можно уменьшить. Величина средней температуры в режиме установившихся колебаний (рис. 1, линия 3) по сравнению с максимально возможной меньше практически на 200 °С.

На степень уменьшения температуры большее влияние будет оказывать соотношение длин выступов и впадин на рабочей поверхности шлифовального инструмента. Обозначим l_1 – время контакта абразивного круга с обрабатываемым инструментом; l_2 – время охлаждения в зоне шлифования за счет впадин на абразивном круге. Анализ влияния соотношения $\frac{l_2}{l_1}$

на температуру обработки позволяет сделать следующий вывод: при увеличении времени охлаждения l_2 или уменьшении времени нагрева l_1 температура шлифования будет уменьшаться, т.е. с точки зрения минимизации температуры соотношение $\frac{l_2}{l_1}$ должно быть как можно больше. Однако опыт эксплуатации кругов показывает, что соотношение $\frac{l_2}{l_1}$ не должно быть больше 0,5, т. к. с увеличением этого параметра ослабевает прочность кругов и снижается их работоспособность [1].

Зависимость влияния соотношения $\frac{l_2}{l_1}$ на среднюю температуру шлифования приведена на рис. 2.

Уменьшение средней температуры шлифования на диапазоне $\frac{l_2}{l_1}$ от 0,05 до 0,5 имеет практически линейный характер. Наи-

лучший эффект с точки зрения понижения температуры дают величины $\frac{l_2}{l_1}$ в диапазоне от 0,44 до 0,5.

Еще одним фактором, оказывающим существенное влияние на температуру, является общее время одного цикла периодического шлифования l , который равен

$$l = l_1 + l_2. \quad (1)$$

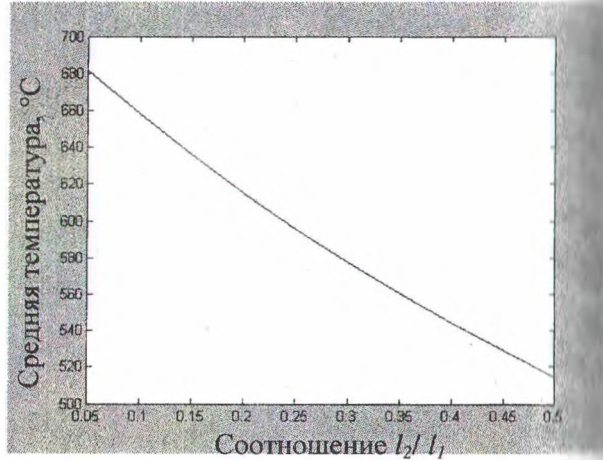


Рис. 2. Влияние соотношения $\frac{l_2}{l_1}$ на среднюю температуру шлифования

Зависимость влияния общего времени одного цикла прерывистого шлифования l на среднюю температуру процесса абразивной обработки приведена на рис. 3.

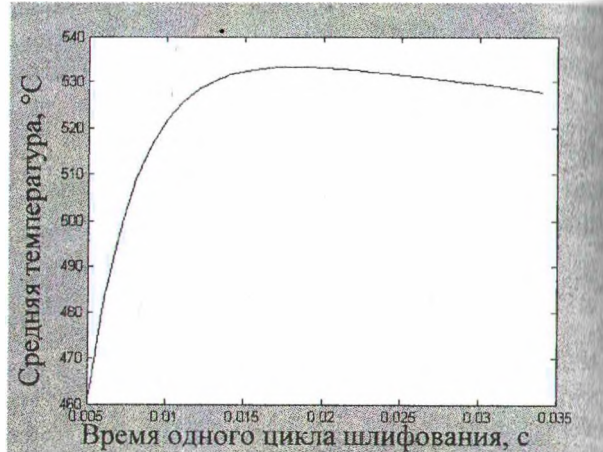


Рис. 3. Влияния общего времени одного цикла прерывистого шлифования l на среднюю температуру шлифования

Данная зависимость имеет сложный, нелинейный характер. При малых величинах l – от 0,005 до 0,011 с температура шлифования резко возрастает. Это обусловлено тем, что при малых величинах времени цикла прерывистого шлифования температура не успевает возрасти

до значительных величин, и часто сменяющиеся этапы нагрева и охлаждения эффективно компенсируют друг друга. Затем следует участок плавного достижения максимальной температуры, которая при $l=0,0176$ с равна 532 °С. Эффективность отвода в этом случае минимальная. Далее следует участок незначительного уменьшения средней температуры. Это происходит в связи с тем, что при длительном времени нагрева пиковые значения температуры достигают своего максимума, а значит и скорость нарастания температуры будет невысока. При этом эффективность охлаждения будет возрастать, т. к. скорость охлаждения зависит от градиента температуры. При большом градиенте, который обусловлен достижением температурой максимальных пиковых значений, скорость уменьшения температуры возрастает. Однако при этом максимальная пиковая температура достигает значений, сопоставимых с температурой шлифования непрерывным кругом, равной порядка 700 °С (рис. 4). Таким образом, не удастся избежать негативных структурных изменений затачиваемого инструмента.

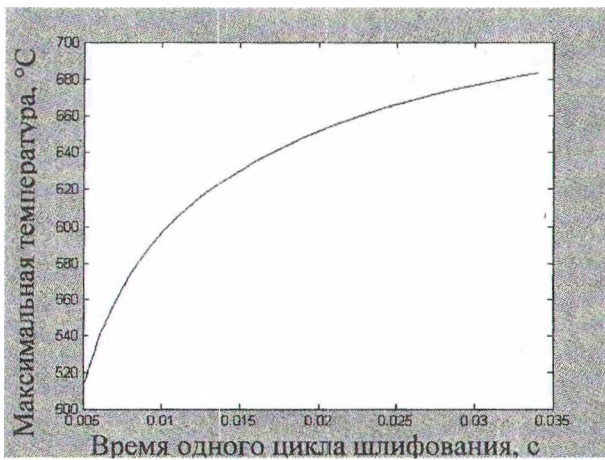


Рис. 4. Влияние общего времени одного цикла прерывистого шлифования l на максимальную пиковую температуру шлифования

В результате анализа тепловых процессов, протекающих при заточке инструмента абразивным кругом с прерывистой рабочей поверхностью можно предложить следующие

рекомендации с целью уменьшения температуры шлифования: использование прерывистых кругов позволяет уменьшить температуру на 30–40%; соотношение впадин инструмента к выступам должно быть в диапазоне 0,4–0,5 для максимизации эффекта понижения температуры; время цикла периодического шлифования должно быть менее 0,015 с.

Рабочая зона любого инструмента представляет собой клин. Особенностью теплопередачи в клиновидной области является уменьшающийся до нуля теплоотводящий объем металла. Угол заострения β оказывает существенное влияние на характер распределения тепла, рост температуры заметен при $\beta=60^\circ$ и усиливается по мере уменьшения угла заострения [4]. При этом необходимо учитывать время действия источника, величину контактной температуры, рост которой происходит в 1,3 раза быстрее и ведет к структурным изменениям в области режущей кромки с потерей эксплуатационных свойств затачиваемого инструмента.

На тепловой баланс в зоне заточки оказывает влияние схема контакта абразивного круга с обрабатываемым материалом – жесткая или мягкая, режимы шлифования [5]. В комплексе все эти мероприятия имеют значительный потенциал для улучшения эксплуатационных свойств инструмента на заключительной операции – его заточке.

Литература

1. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей. – М.: Машиностроение, 1984.
2. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. – М.: Машиностроение, 1978.
3. Рыбицкий В.А. Алмазное шлифование твердых сплавов. – Киев: Наукова думка, 1980.
4. Ефремов В.Д., Ящерицын П.И. Технологическое обеспечение качества рабочих кромок инструмента и деталей. – Мн.: Вышэйшая школа, 1997.
5. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. – М.: Машиностроение, 1974.